

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-339815

(43)公開日 平成8年(1996)12月24日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 M	8/04		H 0 1 M	J
	8/06		8/06	G

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-142879

(22)出願日 平成7年(1995)6月9日

(71)出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72)発明者 斉藤 一

東京都江東区豊洲3丁目2番16号 石川島

播磨重工業株式会社豊洲総合事務所内

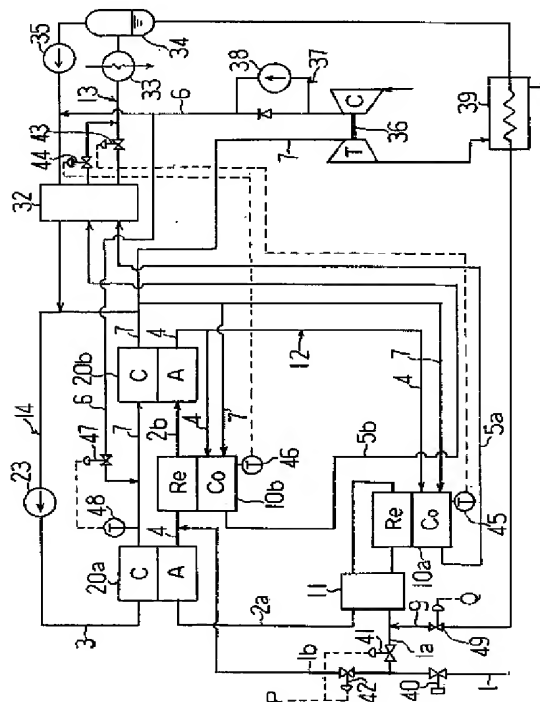
(74)代理人 弁理士 堀田 実 (外2名)

(54)【発明の名称】 燃料電池発電装置

(57)【要約】

【目的】 電池反応により生じる蒸気を改質器に用いることにより、改質器に使用される蒸気量を減少させる。

【構成】 燃料ガス1を第1燃料ガス1aと第2燃料ガス1bに分配する第1燃料制御弁41と第2燃料制御弁42を設け、燃料電池20を第1燃料電池20aと第2燃料電池20bで構成し、改質器10を第1改質器10aと第2改質器10bで構成し、第1改質器10aは第1燃料ガス1aと蒸気9の供給を受けて第1アノードガス2aを生成し、第1燃料電池20aは第1アノードガス2aと循環ライン14よりのカソードガス3により発電し、第2改質器10bは第1燃料電池20aのアノード排ガス4と第2燃料ガス1bの供給を受けて第2アノードガス2bを生成し、第2燃料電池20bは第2アノードガス2bと第1燃料電池20aのカソード排ガス7により発電し、蒸気9と第1燃料ガス1aとのスチーム／カーボン比を2～3とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素を含むカソードガスと水素を含むアノードガスとから発電する燃料電池と、燃料電池のアノード排ガスをカソード排ガスの一部で燃焼し、その熱で蒸気を含む燃料ガスをアノードガスに改質する改質器と、燃料電池のカソード排ガスの一部をカソードに循環する循環ラインと、改質器の燃焼排ガスを除湿し空気を添加して循環ラインに供給する排ガス供給ラインとを備えた燃料電池発電装置において、燃料ガスを第1燃料ガスと第2燃料ガスに分配する燃料分配弁を設け、前記燃料電池を第1燃料電池と第2燃料電池で構成し、前記改質器を第1改質器と第2改質器で構成し、前記第1改質器は第1燃料ガスと蒸気の供給を受けて第1アノードガスを生成し、前記第1燃料電池は第1アノードガスと前記循環ラインよりのカソードガスにより発電し、前記第2改質器は前記第1燃料電池のアノード排ガスと第2燃料ガスの供給を受けて第2アノードガスを生成し、第2燃料電池は第2アノードガスと前記第1燃料電池のカソード排ガスにより発電し、前記蒸気と前記第1燃料ガスとのスチーム／カーボン比を2～3とすることを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項2】 前記燃料分配弁は前記第1燃料ガスと前記第2燃料ガスとがほぼ同量となるように分配することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電装置。

【請求項3】 前記第1改質器と前記第2改質器は前記第2燃料電池のアノード排ガスとカソード排ガスで燃焼して改質作用を行い、燃焼排ガスを第1改質器は第1流量制御弁を介し、第2改質器は第2流量制御弁を介して前記排ガス供給ラインへ排出することを特徴とする請求項1記載の燃料電池発電装置。

【請求項4】 前記排ガス供給ラインは燃焼排ガスを冷却し循環ラインへの供給ガスを加熱する空気予熱器を有し、前記第1流量制御弁と第2流量制御弁は前記空気予熱器の冷却燃焼排ガス吐出側に設けられていることを特徴とする請求項3記載の燃料電池発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、改質器に用いる蒸気量を低減することが可能な燃料電池発電装置に関する。

## 【0002】

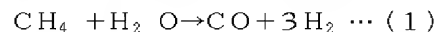
【従来の技術】溶融炭酸塩型燃料電池は、高効率で環境への影響が少ないなど、従来の発電装置にない特徴を有しており、水力、火力、原子力に続く発電システムとして注目を集め、現在鋭意研究が進められている。

【0003】図2は天然ガスを燃料とする溶融炭酸塩型燃料電池を用いた発電設備の一例を示す図である。同図において、発電設備は、蒸気9と混合した燃料ガス1を水素を含むアノードガス2に改質する改質器10と、酸素を含むカソードガス3と水素を含むアノードガス2とから発電する燃料電池20とを備えており、改質器10

で作られるアノードガス2は燃料電池20に供給され、燃料電池20の中でその大部分を消費してアノード排ガス4となり、燃焼用ガスとして改質器10の燃焼室Cへ供給される。

【0004】改質器10ではアノード排ガス4中の可燃成分（水素、一酸化炭素、メタン等）を燃焼室Cで燃焼して高温の燃焼ガスを生成し、この燃焼ガスにより改質室Reを加熱し、改質室Reで改質触媒により燃料ガス1を改質してアノードガス2とする。アノードガス2は燃料予熱器11によって燃料ガス1と熱交換し、冷却した後燃料電池20のアノードAに供給される。また燃焼室Cを出た燃焼排ガス5は空気予熱器32で冷却された後、水分を除去され、空気6と合流してカソードガス3となる。このカソードガス3は燃料電池20内で一部が反応して高温のカソード排ガス7となり、その一部は改質器10の燃焼室Cへ供給され、他の一部は空気6を圧縮するタービン圧縮機36で動力を回収した後、さらに図示しない排熱回収蒸気発生装置で熱エネルギーを回収して系外に排出される。なお、この排熱回収蒸気発生装置で発生した蒸気9が燃料ガス1と混合されて改質器10に送られる。

【0005】燃料ガス1は天然ガスが用いられ、改質器で蒸気と反応して水素を主成分とするアノードガスを生成する。反応は次の式で表される。



天然ガスの主成分はメタン $\text{CH}_4$ であり、メタンに対する蒸気の成分 $\text{H}_2\text{O}$ のモル比をスチーム／カーボン比（S／C比）と称する。（1）式によれば改質器での反応ではS／C比は1であるが、メタン $\text{CH}_4$ を $\text{CO}$ と $\text{H}_2$ にするためにはS／C比は2～3程度とする必要がある。S／C比が小さくなるとカーボンが改質器の改質触媒表面に析出し改質反応が進まなくなる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】改質器でアノードガスを発生するためには蒸気が必要であり、この蒸気量は燃料ガスに比例し大量に消費される。蒸気は排熱回収蒸気発生装置で生成されるが、蒸気発生量が多いと発電装置の他の機器に使用する排熱エネルギーが使用されてしまい発電装置全体としての効率が低下する。このため改質器で使用する蒸気の使用量をカーボン析出を生じさせないで減少させることが望まれていた。

【0007】本発明は上述の要望に鑑みてなされたもので、電池反応により生じる蒸気を改質器に用いることにより、改質器に使用される蒸気量を減少させることを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明では、酸素を含むカソードガスと水素を含むアノードガスとから発電する燃料電池と、燃料電池のアノード排ガスをカソード排ガスの一部で燃焼

し、その熱で蒸気を含む燃料ガスをアノードガスに改質する改質器と、燃料電池のカソード排ガスの一部をカソードに循環する循環ラインと、改質器の燃焼排ガスを除湿し空気を添加して循環ラインに供給する排ガス供給ラインとを備えた燃料電池発電装置において、燃料ガスを第1燃料ガスと第2燃料ガスに分配する燃料分配弁を設け、前記燃料電池を第1燃料電池と第2燃料電池で構成し、前記改質器を第1改質器と第2改質器で構成し、前記第1改質器は第1燃料ガスと蒸気の供給を受けて第1アノードガスを生成し、前記第1燃料電池は第1アノードガスと前記循環ラインよりのカソードガスにより発電し、前記第2改質器は前記第1燃料電池のアノード排ガスと第2燃料ガスの供給を受けて第2アノードガスを生成し、第2燃料電池は第2アノードガスと前記第1燃料電池のカソード排ガスにより発電し、前記蒸気と前記第1燃料ガスとのスチーム／カーボン比を2～3とする。

【0009】請求項2の発明では、前記燃料分配弁は前記第1燃料ガスと前記第2燃料ガスとがほぼ同量となるように分配する。

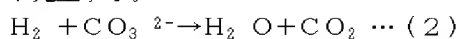
【0010】請求項3の発明では、前記第1改質器と前記第2改質器は前記第2燃料電池のアノード排ガスとカソード排ガスで燃焼して改質作用を行い、燃焼排ガスを第1改質器は第1流量制御弁を介し、第2改質器は第2流量制御弁を介して前記排ガス供給ラインへ排出するようにする。

【0011】請求項4の発明では、前記排ガス供給ラインは燃焼排ガスを冷却し循環ラインへの供給ガスを加熱する空気予熱器を有し、前記第1流量制御弁と第2流量制御弁は前記空気予熱器の冷却燃焼排ガス吐出側に設けられている。

【0012】

【作用】請求項1の発明では、第1改質器に第1燃料ガスと蒸気をS/C比2～3で供給する。第1改質器で生成した第1アノードガスを第1燃料電池のアノードに供給し電池反応により発生した蒸気と第2燃料ガスとを第2改質器に供給し第2アノードガス生成して第2燃料電池のアノードに供給して発電する。第1改質器に供給する蒸気量は第1燃料ガスに対するS/C比であるので、例えば第1燃料ガスが全体の燃料ガスの半分であれば、第1改質器に供給する蒸気量は従来のように改質器と燃料電池が1個しかない場合の半分でよい。

【0013】第1燃料電池のアノードでは次の式で蒸気が発生する。



すなわち、水素ガス $\text{H}_2$ 、1モルに対し蒸気 $\text{H}_2\text{O}$ 、1モルが発生する。また、(1)式によれば燃料ガス( $\text{CH}_4$ )、1モルに対して3モルの水素ガス $\text{H}_2$ が第1改質器から発生し第1燃料電池に供給される。つまり第1改質器に第1燃料1モル供給すると、第1燃料電池から3モルの蒸気が発生することになるので、第1燃料ガス

が第2燃料ガスとほぼ同程度か多ければ第2改質器においてもS/C比は2～3は確保され、第2改質器に蒸気を供給しなくてもカーボン析出を防止することができる。このように第1改質器にのみ第1燃料ガス量に応じて蒸気を供給すればよいので、蒸気の消費量を大幅に削減することができ、燃料電池発電装置全体の効率が向上する。

【0014】請求項2の発明では、第1燃料ガスと第2燃料ガスとがほぼ同量となるように分配する。第1燃料ガスが第2燃料ガスより多ければ、上述の説明から明らかなように第2改質器では第1燃料電池から供給される蒸気が余分となり、かつ第1改質器では第1燃料ガスの量に応じて蒸気が必要になる。また、第1燃料ガスが第2燃料ガスよりある程度以上少なければ、第2改質器は蒸気が不足する。このため、第1燃料ガスと第2燃料ガスをほぼ同じ量とすれば、第1改質器に供給する蒸気量を少なくしいずれの改質器にもカーボン析出を起こさないようにすることが可能になる。

【0015】請求項3の発明では、第1改質器と第2改質器は第2燃料電池のアノード排ガスとカソード排ガスで燃焼して改質作用を行うが、燃料ガスの流量が変化した場合これに応じて燃焼ガスの流量を変えて燃焼温度を改質作用に適切な温度とする。このため、燃焼排ガスを第1改質器は第1流量制御弁を介し、第2改質器は第2流量制御弁を介して排ガス供給ラインへ排出するようにする。この排出により改質器の燃焼室の圧力が下がるので、アノード排ガスとカソード排ガスの流入量が増えるが、燃焼成分を含むアノード排ガスは流量が一定であるため殆ど変化なく、カソード排ガスはアノード排ガスの10倍ぐらいも流量があることから、主にカソード排ガスの流量が増加する。カソード排ガスは酸素を含むが、燃焼成分は余り含んでいないので、結果的に燃焼成分の濃度が薄くなり燃焼温度を制御することができる。

【0016】請求項4の発明では、排ガス供給ラインは燃焼排ガスを冷却し循環ラインへの供給ガスを加熱する空気予熱器を有し、第1流量制御弁と第2流量制御弁は空気予熱器の冷却燃焼排ガス吐出側に設けられている。これにより第1流量制御弁と第2流量制御弁は低温用の仕様でよいのでコストを低減することができる。

【0017】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は実施例の燃料電池発電装置の全体構成図である。本図において図2と同一機能を有するものは同一符号で表す。燃料電池発電装置は、蒸気を含む燃料ガス1を水素を含むアノードガス2に改質する改質器10と、アノードガス2と酸素および二酸化炭素を含むカソードガス3とから発電する燃料電池20とを備え、燃料電池20から排出されるアノード排ガス4は、排出ライン12により改質器10の燃焼室C0に供給され、カソード排ガス7の一部と共に燃焼し、その燃焼排ガス

5が排ガス供給ライン13と循環ライン14を経て燃料電池20のカソードCへ二酸化炭素と酸素を含むカソードガス3として供給される。

【0018】天然ガスを成分とする燃料ガス1は止め弁40を通り、第1燃料制御弁41により第1燃料ガス1aと、第2燃料制御弁42により第2燃料ガス1bとに分配される。第1燃料制御弁41と第2燃料制御弁42とは出力指令Pによって分配率が指示される。第1燃料ガス1aは後述する排熱回収蒸気発生器39から蒸気9をS/C比2~3、通常は2.5~3の比で混合されて燃料予熱器11で加熱され、第1改質器10aに供給される。第1改質器10aは、後述する第2燃料電池20bから排出されたアノード排ガス4とカソード排ガス7を燃焼する燃焼室C<sub>o</sub>と、燃焼室C<sub>o</sub>からの伝熱により第1燃料ガス1aを改質し第1アノードガス2aを発生する改質室R<sub>e</sub>とからなる。燃焼室C<sub>o</sub>には室内の温度を計測する温度センサ45が設けられ、この計測値により後述する第1流量制御弁43は制御される。燃焼室C<sub>o</sub>には十分な燃焼が行われるよう燃焼触媒が充填され、改質室R<sub>e</sub>には第1燃料ガス1aを水素を主体とする第1アノードガス2aに改質するための改質触媒が充填されている。

【0019】第1燃料電池20aはアノードAに第1アノードガス2a、カソードCにカソードガス3を供給され発電を行う。アノードAでは(2)式で示した反応が行われ蒸気を含むアノード排ガス4を排出する。第2改質器10bは第1改質器10aと同じ構造よりなり、改質室R<sub>e</sub>に第2燃料ガス1bとアノード排ガス4を供給され、燃焼室C<sub>o</sub>からの伝熱により第2燃料ガス1bを改質し第2アノードガス2bを発生する。燃焼室C<sub>o</sub>には室内の温度を計測する温度センサ46が設けられ、この計測値により後述する第2流量制御弁44は制御される。

【0020】第1燃料電池20aのカソードC出口には温度センサ48が設けられ、カソード排ガス7の温度をカソードC入口温度に低下させるとともに酸素を供給するために、後述するタービン圧縮機36で圧縮した空気6を空気制御弁47により供給する。第2燃料電池20bはカソードCにカソード排ガス7と空気6の混合ガスを供給され、アノードAに第2アノードガス2bを供給されて発電する。

【0021】第1改質器10aと第2改質器10bとの燃焼室C<sub>o</sub>には第2燃料電池20bのアノード排ガス4とカソード排ガス7が供給される。燃料電池の燃料利用率は80%程度なので、アノード排ガス4には20%程度の燃料成分が含まれている。カソード排ガス7には燃焼に必要な酸素が含まれている。燃焼室C<sub>o</sub>からの燃焼排ガス5には炭酸ガスが含まれ、これはカソードCでの電池反応に必要なので、後述する排ガス供給ライン13と循環ライン14をへてカソードCへ供給される。

【0022】第1改質器10aと第2改質器10bの燃焼室C<sub>o</sub>からは燃焼排ガス5a、5bが排ガス供給ライン13に排出される。排ガス供給ライン13には空気予熱器32が設けられ、燃焼排ガス5a、5bを冷却する。空気予熱器32の冷却側の出口には第1流量制御弁43と第2流量制御弁44とが設けられ、第1流量制御弁43は燃焼排ガス5aの流量を温度センサ45に基づき制御し、第2流量制御弁44は燃焼排ガス5bの流量を温度センサ46に基づき制御する。空気予熱器32で冷却された燃焼排ガス5は凝縮器33および気水分離器34により水分が除去され、低温ブロワ35により加圧され、空気6と混合し、空気予熱器32により加熱され、循環ライン14に入る。

【0023】カソード排ガス7の一部はタービン圧縮機36のタービンを駆動した後、排熱回収蒸気発生装置39へ供給される。排熱回収蒸気発生装置39では気水分離器34により分離された水分を用いてタービン圧縮機36のタービンを駆動したカソード排ガス7で蒸気9を発生し、S/C制御指令Qによって、供給される第1燃料ガス1aに対し所定のS/C比となる蒸気量を蒸気制御弁49により第1改質器10aに供給する。また、タービン圧縮機36で圧縮された空気6は、低温ブロワ35の出口で燃焼排ガス5と合流する。タービン圧縮機36には電動ブロワ38を有するバックアップライン37が設けられており、タービン圧縮機36の容量が不足したときバックアップに使用される。

【0024】カソード排ガス7の一部は、空気予熱器32で加熱された燃焼排ガス5および空気6と混合し、カソードガス3となり、循環ライン14によりカソードCに供給される。循環ライン14は高温ブロワ23によりカソードガス3を循環する。

【0025】次に本実施例の動作を説明する。出力指令Pにより燃料ガス1の分配率が指示されるのでこれに応じて第1燃料制御弁41は第1燃料ガス1aを供給し、第2燃料制御弁42は第2燃料ガス1bを供給する。出力指令Pによる第1燃料ガス1aに対してS/C比が、例えば3となるよう蒸気量を設定したS/C制御指令Qにより蒸気制御弁49は蒸気9を供給する。出力指令Pは第1燃料ガス1aと第2燃料ガス1bとがほぼ同じ量となるようにし、蒸気9の消費量を最小にするようにする。これにより供給する蒸気9の量と第1燃料電池20aのアノードAで発生する蒸気9の量はほぼ同じとなり、第2改質器10bには第1改質器10aとほぼ同じ蒸気量が供給されカーボン析出を防止できる。なお、このように第1燃料ガス1aと第2燃料ガス1bとをほぼ同じ量にした場合、燃料ガス1全体に対する蒸気9のS/C比は第1燃料ガス1aに対するS/C比の半分となり、蒸気消費量も図2に示した従来の場合の半分となる。これにより発電装置全体の効率も約1.5%向上する。

【0026】第1改質器10aと第2改質器10bの燃

焼室C oでは温度センサ4 5、4 6により燃焼温度が計測され、改質室R eに供給される燃料ガス1と蒸気の量に変化しても改質反応温度が一定になるように燃焼排ガス5 a、5 bの流量を第1流量制御弁4 3と第2流量制御弁4 4で制御する。燃焼室C oの温度が高くなったときは燃焼排ガス5の流量を増加すると、燃焼室C oは圧力が下がるので主としてカソード排ガス7が増加して流入する。カソード排ガス7は酸素を含むが、燃焼成分は含まれず、燃焼ガスを含むアノード排ガス4を薄くすることにより燃焼温度を低下させる。なお、燃焼排ガス5の流量を増加するとカソード排ガス7の燃焼室C oへの流入が増加するのは、燃焼排ガス5の排ガス供給ライン1 3への流入量が増加すると、循環ライン1 4へのガス供給量が増加し、循環ライン1 4のカソード排ガス7量が増加するためである。

【0027】

【発明の効果】以上の説明より明らかなように、改質器と燃料電池を2組設け蒸気は1組目の改質器に供給し、2組目の改質器には1組目の燃料電池の発生する蒸気を供給することにより、蒸気の消費量を大幅に減少することができる。これにより発電装置としての全体効率を向上することができる。この場合、1組目と2組目の改質器に供給する燃料ガスを同量とすることにより蒸気消費量を従来の半分程度とすることができる。また、改質器への燃料ガスの流量が変化しても燃焼排ガスの流量を制御して改質反応温度を一定に保つことができる。

【図面の簡単な説明】

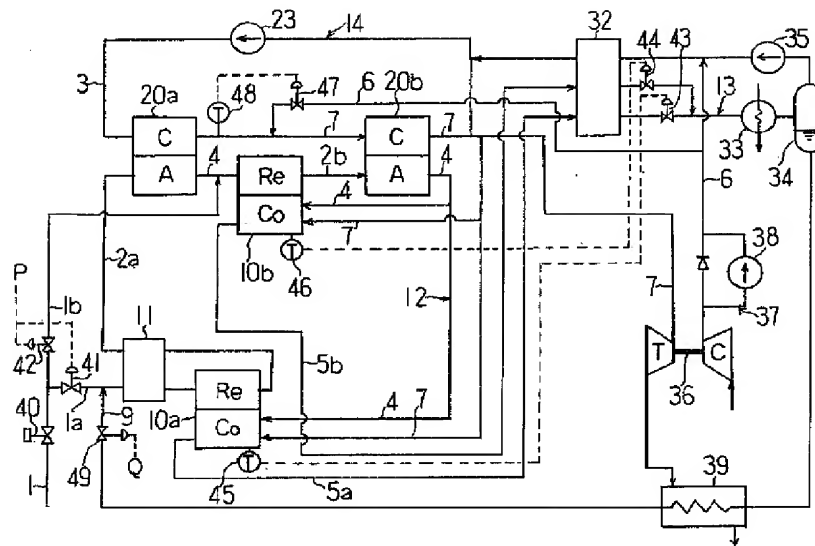
【図1】実施例の燃料電池発電装置の全体構成図である。

【図2】従来の燃料電池発電装置の全体構成図である。

【符号の説明】

- |             |                |
|-------------|----------------|
| 1 燃料ガス      | 4 アノード排ガス      |
| 1 a第1燃料ガス   | 5 燃焼排ガス        |
| 1 b第2燃料ガス   | 5 a第1燃焼排ガス     |
| 2 アノードガス    | 5 b第2燃焼排ガス     |
| 2 a第1アノードガス | 6 空気           |
| 2 b第2アノードガス | 7 カソード排ガス      |
| 3 カソードガス    | 9 蒸気           |
|             | 10 改質器         |
|             | 10 a第1改質器      |
|             | 10 b第2改質器      |
|             | 11 燃料予熱器       |
|             | 12 排出ライン       |
|             | 13 排ガス供給ライン    |
|             | 14 循環ライン       |
|             | 20 燃料電池        |
|             | 20 a第1燃料電池     |
|             | 20 b第2燃料電池     |
|             | 23 高温ブロワ       |
|             | 32 空気予熱器       |
|             | 33 凝縮器         |
|             | 34 気水分離器       |
|             | 35 低温ブロワ       |
|             | 36 タービン圧縮機     |
|             | 37 バックアップライン   |
|             | 38 電動ブロワ       |
|             | 39 排熱回収蒸気発生器   |
|             | 40 止め弁         |
|             | 41 第1燃料制御弁     |
|             | 42 第2燃料制御弁     |
|             | 43 第1流量制御弁     |
|             | 44 第2流量制御弁     |
|             | 45、46、48 温度センサ |
|             | 47 空気制御弁       |
|             | 49 蒸気制御弁       |
|             | A アノード         |
|             | C カソード         |
|             | C o 燃焼室        |
|             | R e 改質室        |

【図1】



【図2】

